



从工程问题到国家自然科学基金的探索

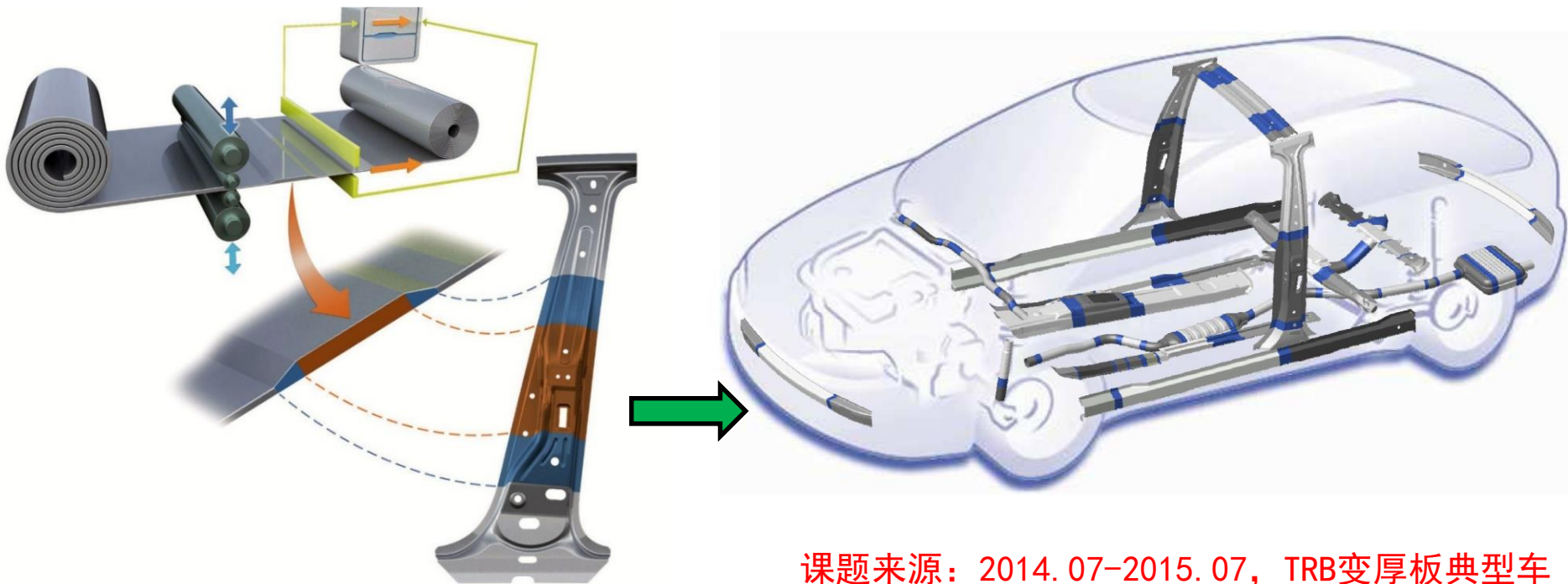
段利斌, 博士

Email: duanlibin_hnu@163.com

Tel. +86-18605886497

2018年11月15日

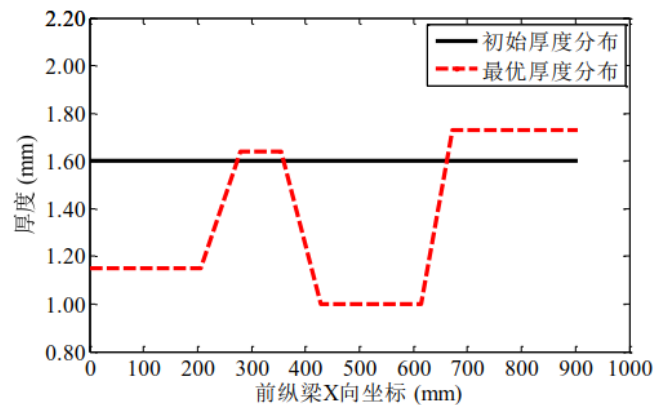
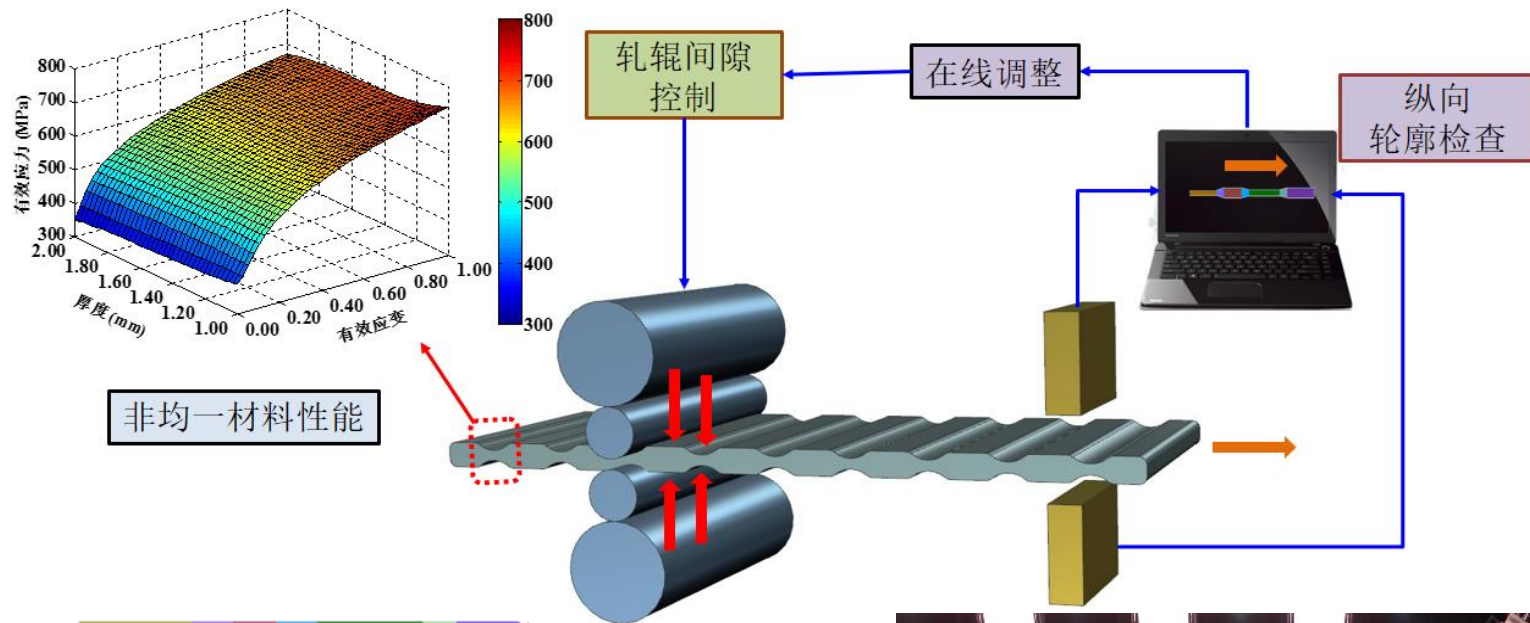
变厚度板生产工艺



课题来源：2014.07-2015.07，TRB变厚板典型车身分件的设计方法研究，宝山钢铁股份有限公司

- 变厚板技术直接来源于上世纪的柔性轧制技术。
- 是车身轻量化的有效途径之一。
- 是绿色制造技术的典型案例。

工程问题描述





选题调研

➤ 行业应用现状





选题调研

► 学术界的研究现状

	时间	学者	研究内容
变厚度板成形制造工艺与成形性评价的研究	2000-2017	德国亚琛工业大学 Kopp、Meyer等	对拼差厚板的生产、应用和成形性进行了研究，并讨论了它的热冲压成形工艺。
变厚度的轧制理论研究	2013-2017	东北大学 刘相华/刘颖等	研究了不同类型的过渡区形状的精确控制理论以及变厚度板的生产方式、用途和节材效果等
变厚度板力学性能的研究	2003-2017	上海交通大学 包向军等 大连理工大学 张华伟等	通过离散插值和拉格朗日多项式插值的方法建立了用于有限元模拟的应力应变关系
变厚度车身结构的碰撞吸能机理及耐撞性优化设计研究	2014-2017	华南理工 兰凤崇等	以变厚度前纵梁等厚区的厚度、过渡区长度和数量作为设计变量进行耐撞性优化设计
	2016-2017	大连理工 刘书田等	利用元胞自动机的方法对线性厚度分布的单帽形变厚度结构进行耐撞性优化设计
	2010-2017	湖南大学 孙永光等	在考虑厚度分布参数的不确定性因素下开展了变厚度结构的碰撞可靠性优化设计



选题调研

同行已申请的国家基金

项目名称	获批时间	批准号	申请代码	项目类别	依托单位	项目负责人	关键	资助经费	研究成果
曲线焊缝差厚高强度钢激光拼焊板的成形性能基础研究	2004.12	50475125	E050802	面上项目	江苏大学	陈炜		25 (万元)	期刊论文(32):
纵向变截面钢板的轧制机理模型研究	2006.12	50604006	E0416	青年科学基金项目	东北大学	胡贤磊		27 (万元)	期刊论文(10):
周期变厚度带钢的轧制理论及核心技术	2009.12	50974039	E041604	面上项目	东北大学	刘相华		40 (万元)	期刊论文(14):
变截面柔性辊弯成型技术基础理论研究	2009.12	50905001	E050802	青年科学基金项目	北方工业大学	韩飞		20 (万元)	期刊论文(2):
变厚度轧制过程金属流动规律	2011.12	51174249	E04	联合基金项目	东北大学	支颖		42 (万元)	期刊论文(16):
高强塑积差厚钢板的组织性能控制机理研究	2015.12	51504062	E041604	青年科学基金项目	东北大学	支颖		22 (万元)	差厚板; 高强塑
高强钢轧制变厚度板热冲压成形破裂预测及其回弹研究	2013.1	51305101	E050802	青年科学基金项目	哈尔滨工业大学	雷呈喜		25 (万元)	
变厚度钢板成形特性	2014.12	U1460107	E04	联合基金项目	东北大学	刘立忠		46 (万元)	
变厚度薄壁结构吸能特性研究与优化设计	2015.12	11502177	A020312	青年科学基金项目	武汉纺织大学	张晖		20 (万元)	
变厚度车身结构“材料-工艺-性能”全耦合稳健优化设计方法研究	2015.12	51575172	E050602	面上项目	湖南大学	孙光永		61 (万元)	变厚度板; 轻量
柔性轧制差厚板各向异性材料本构模型构建及成形极限理论研究	2016.1	51605158	E050802	青年科学基金项目	湖南科技大学	李洪周		22 (万元)	

- 陈炜 曲线焊缝差厚高强度钢激光拼焊板的成形性能基础研究
- 韩飞 变截面柔性辊弯成型技术基础理论研究
- 胡贤磊 纵向变截面钢板的轧制机理模型研究
- 基于复杂工程约束的车身梁截面优化设计
- 基于概念设计的车身装配结构拓扑优化理论和方法的研究
- 刘相华 周期变厚度带钢的轧制理论及核心技术
- 汽车正面碰撞复杂系统快速概念设计力学模型研究
- 吸能机理研究
- 支颖 变厚度轧制过程金属流动规律

科学基金共享服务网

[首页](#)
[资助项目检索](#)
[结题项目检索](#)
[成果检索](#)
[导航](#)
[用户反馈](#)

Bsk6

最新公告: 关于更新“国家自然科学基金资助项目结题报告”的公告 (20181108)

国家自然科学基金资助项目信息共享服务网站简称“科学基金共享服务网” (<http://npd.nsf.gov.cn>) 于2014年7月11日正式开通。旨在增加国家自然科学基金资助工作的透明度, 促进基础学术资源信息的共享和利用, 全面反映科学基金资助绩效, 加强监督和道德学风建设。

科学基金共享服务网在开通之际, 公布了一...[查看详情](#)

共收录国家自然科学基金

结题项目: 238565 个

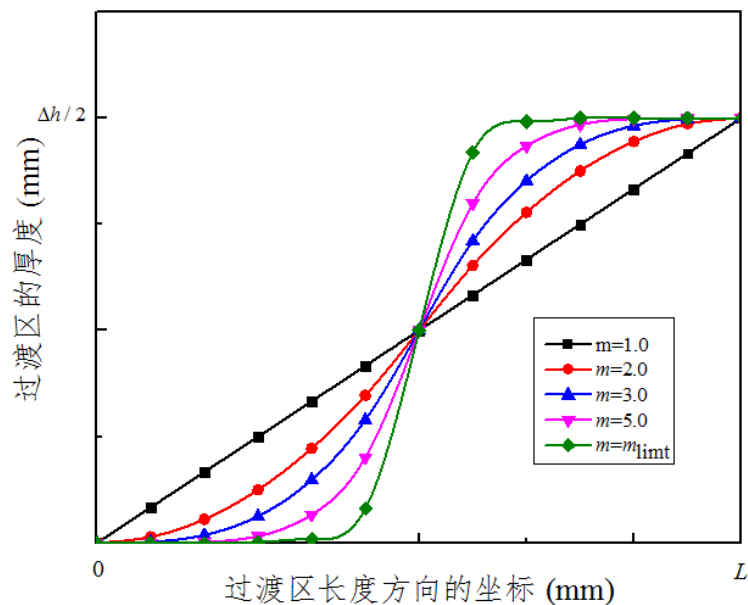
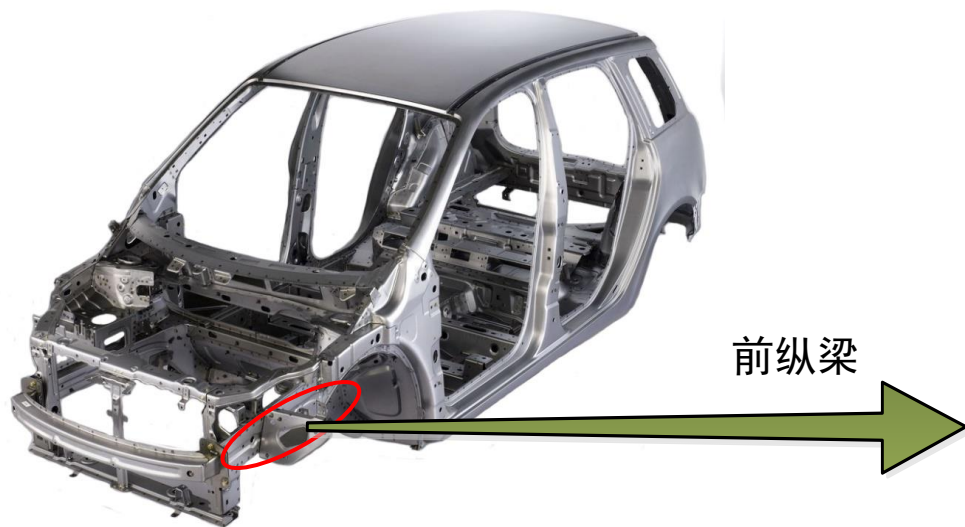
项目成果: 3576720 个

资助项目统计

2018申请受理

➤ 突破口 #1

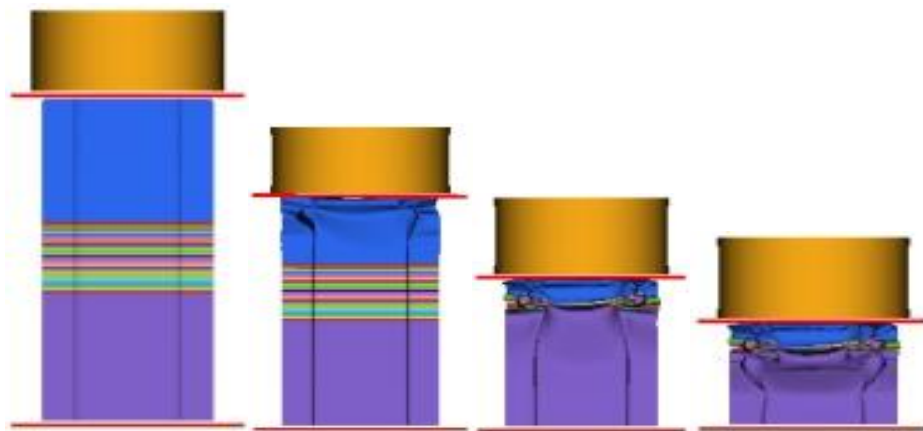
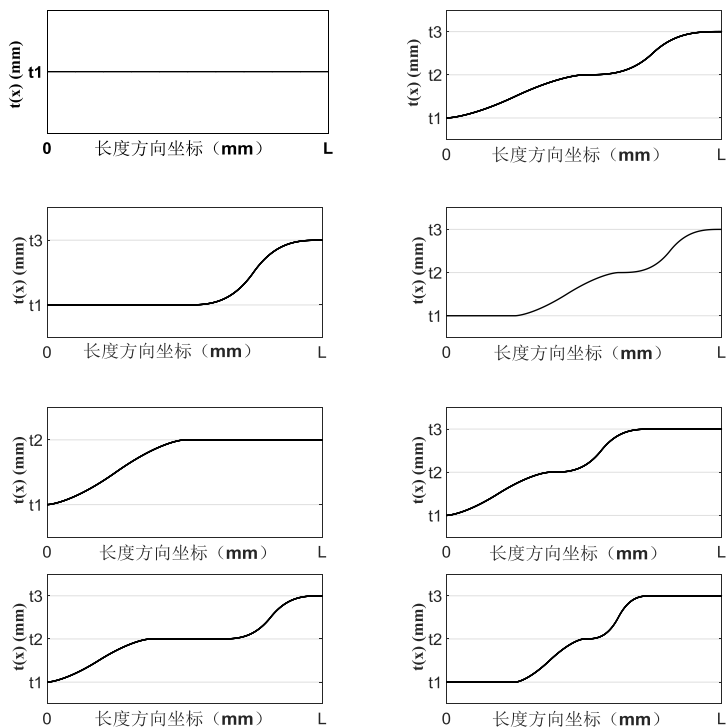
- 现有变厚度结构的厚度分布均**基于直线主导型**，不利于实现变厚度结构厚度分布的灵活变化。



- 构建一种统一形式的厚度分布函数，使其具备可推广性和通用性。

➤ 突破口 #2

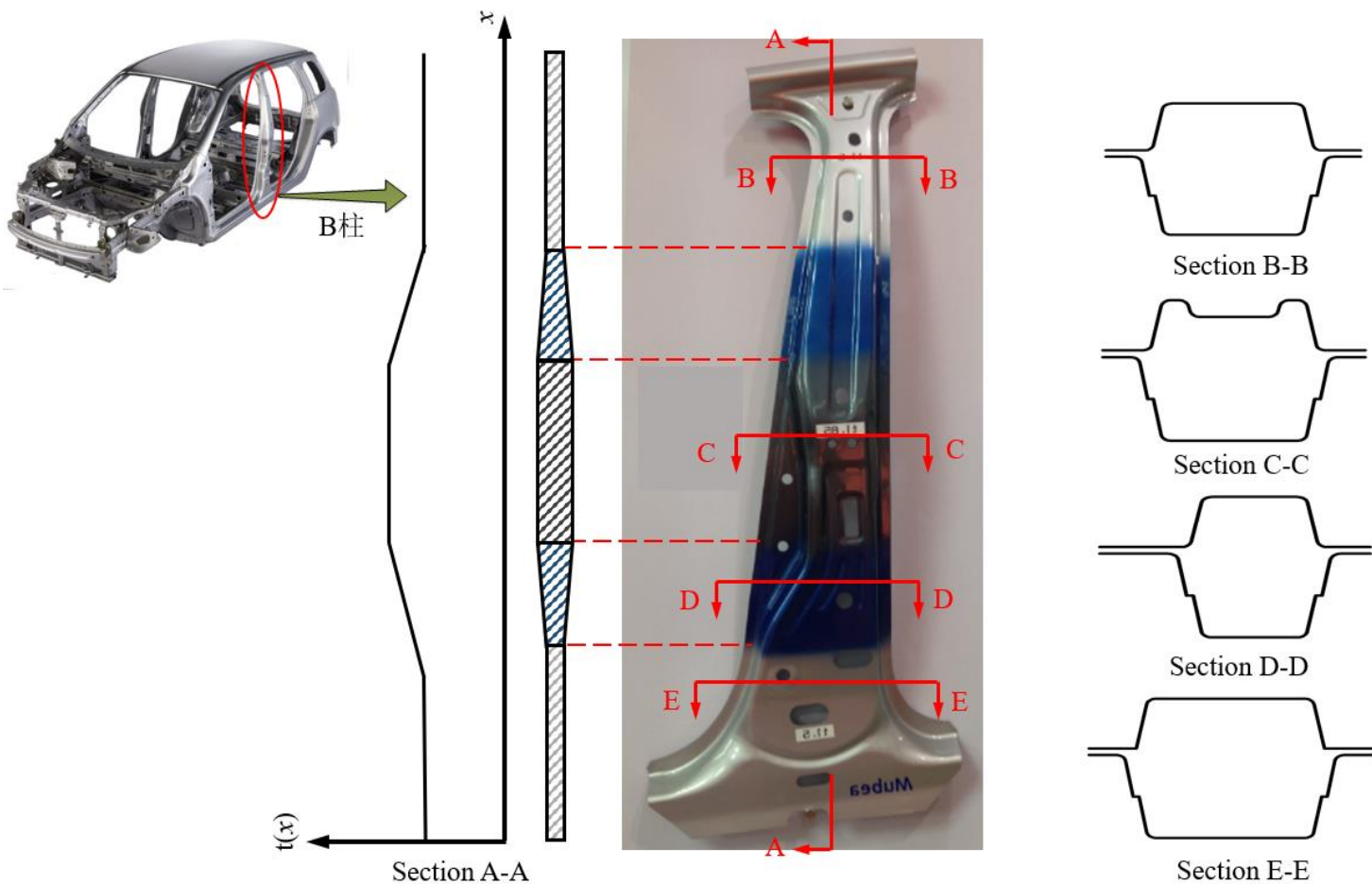
- 基于双幂函数厚度分布形式的变厚度薄壁结构的碰撞变形机理和吸能特性。



研究不同厚度分布形式下，变厚度结构的动态压溃过程和吸能机理

- 现有的想法更多是的技术问题，还不足以支撑一个国家自然科学基金。

➤ 突破口 #3



- 变厚度变截面车身结构是否可以研究？



选题调研

➤ 突破口 #3 (研究现状调研)

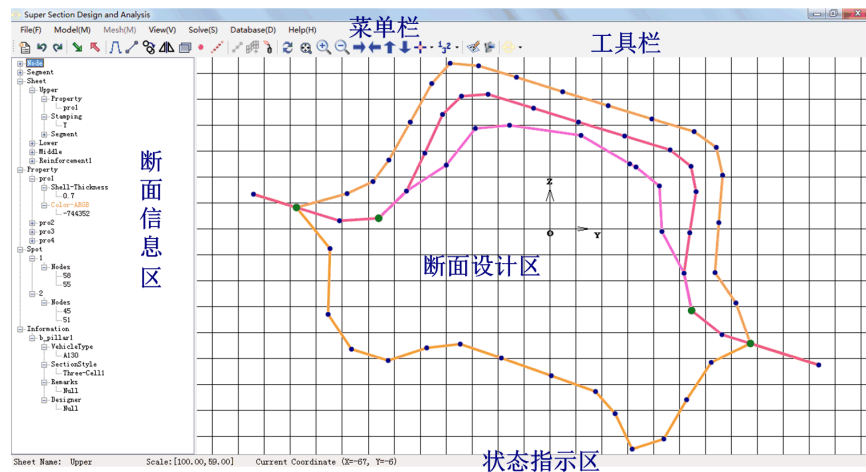
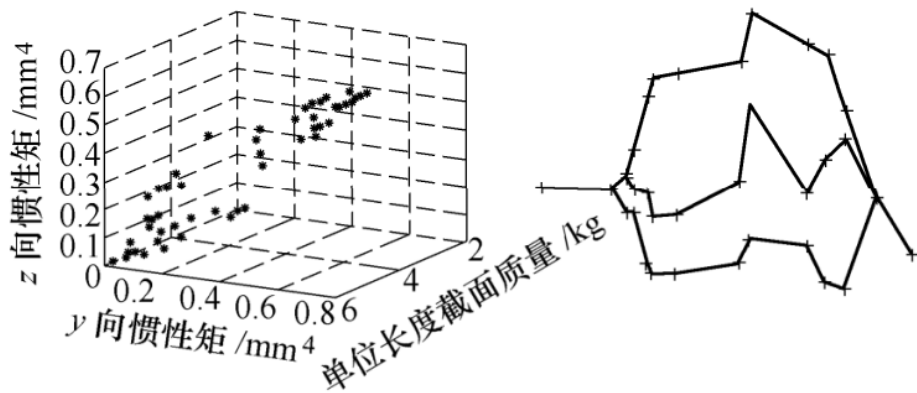
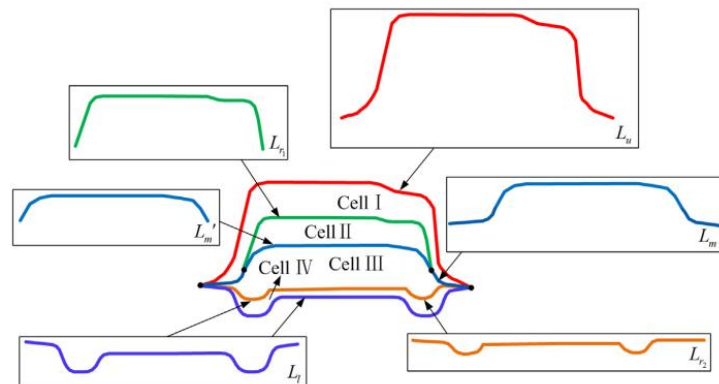
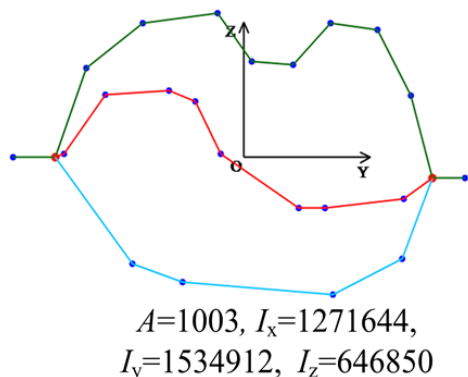
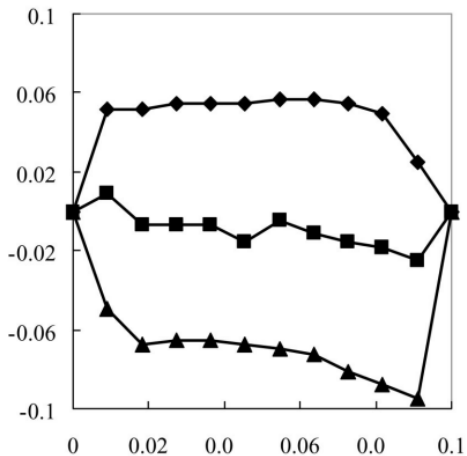
同行已申请的国家基金

A	B	C	D	E	F	G	H	I	
项目名称	获批时间	批准号	申请代码	项目类别	依托单位	项目负责人	关键词	资助经费	研究成果
概念车身框架结构有限元精细建模与截面几何形状优化设计	2012.12	51205159	E050602	青年科学基金项目	吉林大学	左文杰		25 (万元)	A020317
基于概念设计的车身装配结构拓扑优化理论和方法的研究	2012.12	11272077	A020317	面上项目	大连理工大学	侯文彬		70 (万元)	A020317
汽车正面碰撞复杂系统快速概念设计力学模型研究	2010	51075180		面上项目	吉林大学	张君媛		36 (万元)	
基于碰撞力学的汽车被动安全系统概念设计方法研究	2013	51375203		面上项目	吉林大学	张君媛		80 (万元)	关键词: 汽车

A	B	C	D	E	F	G	H	I	
项目名称	获批时间	批准号	申请代码	项目类别	依托单位	项目负责人	关键词	资助经费	研究成果
轻质薄壁棱柱与多孔蜂窝材料平面外压缩阻抗研究	2010	11002060	A020317	青年科学基金项目	华中科技大学	张雄		22 (万元)	轻质材料;
复杂截面多胞金属薄壁结构轴向压缩阻抗研究	2013	11372115	A020317	面上项目	华中科技大学	张雄		80 (万元)	轻质材料;
易制备多胞金属薄壁结构吸能特性研究	2016	11672117	A020602	面上项目	华中科技大学	张雄		60 (万元)	轻质吸能结
吸能导向抗撞结构的主从关联耐撞性拓扑优化方法及概念设计	2016	51675059		面上项目	长沙理工大学	雷正保		62 (万元)	拓扑优化;

A	B	C	D	E	F	G	H	I	
项目名称	获批时间	批准号	申请代码	项目类别	依托单位	项目负责人	关键词	资助经费	研究成果
基于变截面组合梁和变截面支撑的分离式结构体系抗震性能研究	2010	51008094		青年科学基金项目	哈尔滨工业大	刘洪波		20 (万元)	
循环荷载作用下变截面H型钢构件的非线性相关屈曲研究	2003	50308001		青年科学基金项目	北京交通大学	杨娜		29 (万元)	
振动场作用下变截面非晶零件的微近净成形机理与方法研究	2012			面上项目	武汉纺织大学	吴晓		80 (万元)	
基于混合协同智能算法的变截面涡旋膨胀机集成优化研究									
变厚截面材料填粉激光焊接的自适应监控机理研究	2015	51575175		面上项目	湖南大学	张屹		64 (万元)	激光焊接;

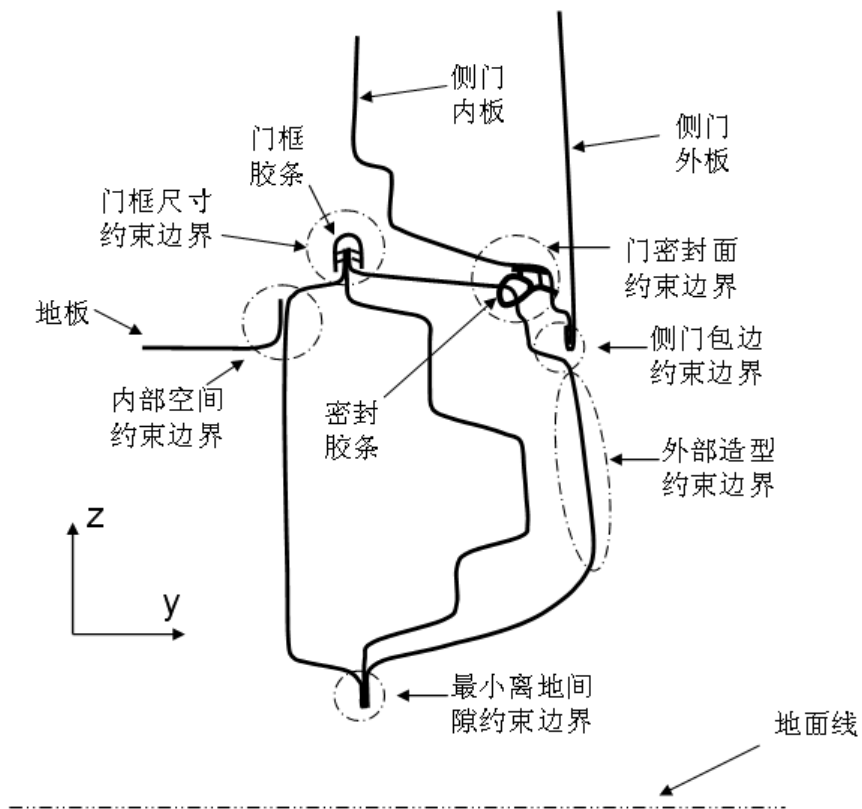
➤ 突破口 #3 (研究现状调研)



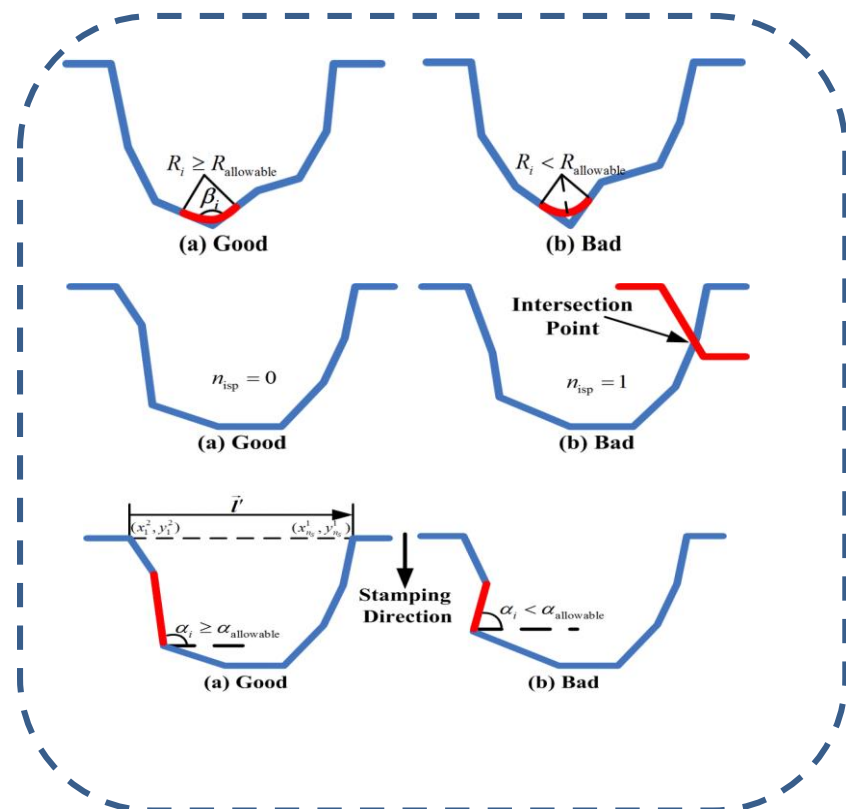
大连理工—侯文彬团队

吉林大学—左文杰团队

➤ 突破口 #3



布置约束条件

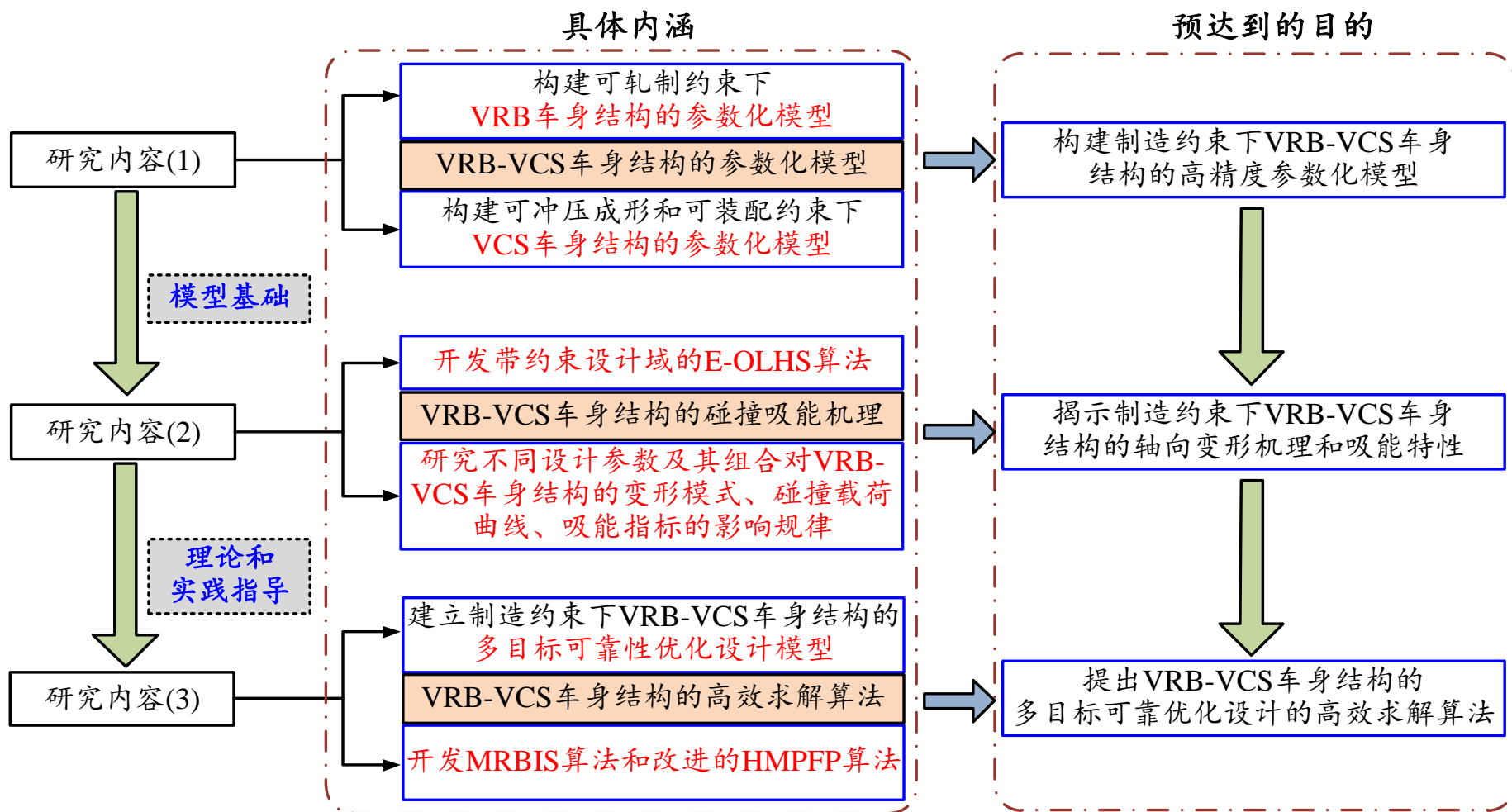


冲压约束

- 考虑制造约束的变厚度变截面车身结构值得深入研究!



课题研究内容制定



➤ 研究内容尽量写3点，不要写太多。



关键科学问题凝练

➤ 工程问题的痛点：

1. 基于双幂函数的变厚度变截面车身结构的变形模式是否稳定？
吸能效率到底有多高？
2. 能否给工程师提供一种碰撞变形模式稳定、吸能效能高的方案？

➤ 关键科学问题的凝练：

1. 有制造约束的设计域内VRB-VCS车身结构的轴向变形机理和吸能特性。
2. VRB-VCS车身结构的多目标可靠性优化设计的高效求解算法。



关键科学问题凝练

➤ 有制造约束的设计域内VRB-VCS车身结构的轴向变形机理和吸能特性

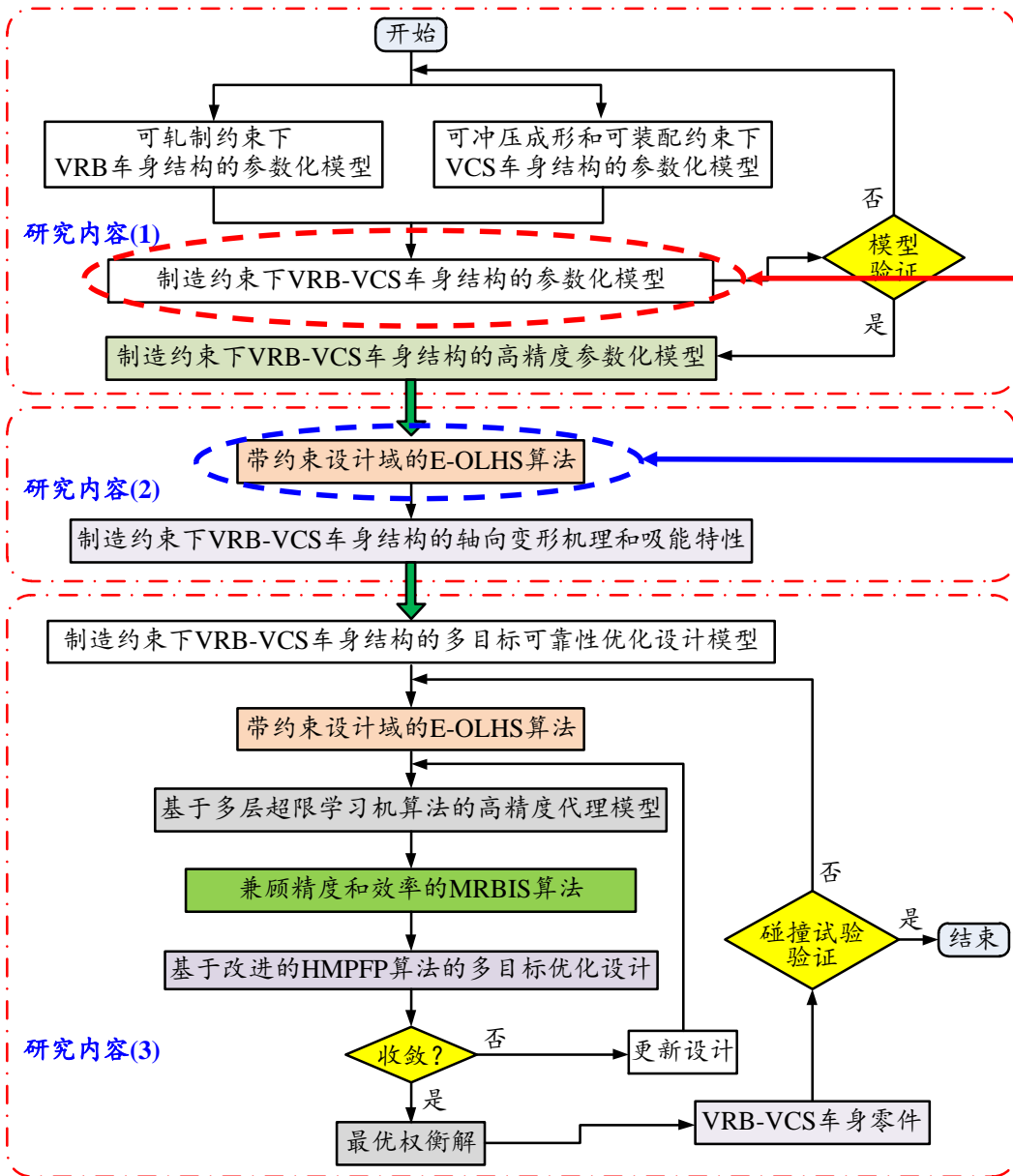
VRB-VCS车身结构的制造约束（可轧制、可冲压成形、可装配），在数学上是典型的线性/非线性、等式/不等式的约束方程，这些约束方程在设计空间内通常形成狭小的、不规则的设计区域。厚度分布参数和截面形状参数的灵活配置将导致VRB-VCS车身结构产生多种多样的碰撞变形模式。为此，**在有制造约束的设计域内研究不同设计参数及其组合对VRB-VCS车身结构的变形模式、碰撞载荷曲线、吸能指标的影响规律，探索影响吸能指标的关键因素，揭示VRB-VCS车身结构的轴向变形机理和吸能特性**，是本课题迫切需要解决的关键科学问题。

➤ VRB-VCS车身结构的多目标可靠性优化设计的高效求解算法

VRB-VCS车身结构的碰撞有限元仿真涉及到材料非线性、几何非线性和接触边界非线性等，故其结构的仿真分析属于典型的动态非线性问题。**VRB-VCS车身结构的制造约束（可轧制、可冲压成形、可装配）会导致可行设计域的形状复杂多变**，且这类结构的有限元仿真分析非常耗时，这些直接增加了VRB-VCS车身结构的多目标可靠性优化设计的难度。因此，**如何构建VRB-VCS车身结构的高精度代理模型，分别研究MRBIS算法和改进的HMPFP算法，探索两个算法的高效协同机制，形成VRB-VCS车身结构多目标可靠性优化设计的高效求解算法**，是本课题需要解决的关键科学问题。



总体技术路线制定



技术亮点

技术亮点

总体技术路线和具体研究方案的撰写技巧：

➤ 研究思路要清晰、研究方案不要太具体！尤其是数学公式尽量不要出现！



题目拟定

- 题目力求用词精准，不要过于追求专业名词的高大上，引起歧义得不偿失。
- 研究对象至关重要，太大或者太小都不行。
- 题目尽量不要出现陌生的英文缩写。

举例：

1. 基于多维度约束的变截面前纵梁多工况可靠性协同设计方法研究
2. 可制造约束下VRB-VCS车身结构吸能特性及碰撞安全可靠优化设计方法研究
3. 制造约束下变厚度变截面车身结构的碰撞吸能机理及可靠性优化设计

- “吸能特性” 主要强调结构吸能能量的结果，侧重宏观层面的研究。工程人员主要注重吸能特性的研究，研究的深入较浅；
- “吸能机理” 主要强调结构吸收能量的过程，研究结构的不同位置为什么会吸收能量以及吸能能量的多少，侧重微观层面的研究。学者们很关注机理研究。



摘要撰写

轻量化和耐撞性是车身开发过程中的关键问题。变厚度变截面车身结构能有效提升汽车的轻量化水平和耐撞性能，但其碰撞吸能机理及可靠性优化设计方法的研究较少。本课题在轴向碰撞工况和制造约束条件下，以乘用车车身前纵梁为研究对象，建立变厚度变截面车身结构的高精度参数化模型，通过碰撞试验验证其精度和有效性；针对变厚度变截面车身结构的制造约束要求高的特点，提出带约束设计域的改进最优拉丁方抽样算法，研究不同设计参数及其组合对变厚度变截面车身结构耐撞性的影响规律，揭示其结构的轴向变形机理和吸能特性；建立制造约束下变厚度变截面车身结构多目标可靠性优化设计模型，探索多模式径向基重要性抽样算法与基于混合元模型的帕累托前沿搜索算法的高效协同机制，建立面向变厚度变截面车身结构多目标可靠性优化设计的高效求解方法。本课题研究成果对于丰富和完善汽车正面碰撞耐撞性设计方法体系和促进变厚度变截面车身结构的工程应用具有重要意义。



致谢

衷心感谢江浩斌院长、罗福强书记、尹必峰副院长、薛洪涛老师、王攀老师、湖南大学李光耀教授及诸位师兄、电子科技大学肖宁聪教授、武汉理工大学徐峰祥教授、华中科技大学张雄教授，以及江苏大学的同事们！

感谢各位前辈在我撰写国家自然科学基金期间，给我提供的大力支持与无私帮助！

从工程问题到国家自然科学基金的探索



THANKS

E-mail: duanlibin_hnu@163.com

Tel: +86-18852898287